

행정중심복합도시 건설에 따른 장래 수자원 평가

Evaluation Water Resources according to Construction of Multifunctional Administrative City

강신욱*, 고익환**, 황만하***, 이상진****

Shin Uk Kang, Ick Hwan Ko, Man Ha Hawng, Sang Jin Lee

요 지

정부에서는 수도권 집중 완화와 지역 균형발전의 일환으로 2005년 5월 24일 충남 연기군 남면, 금남면, 동면 및 공주시 장기면 일대 약 73km²에 행정중심복합도시 건설계획을 확정·발표하였다. 이에 따라 신도시 건설이 완료되면 이 지역에 20~50만명의 인구가 유입될 것으로 전망하고 있다(건설교통부, 2006). 행정중심복합도시는 금강 유역내 14개 소유역 중 연기군, 공주시 및 청원군이 포함되어 있는 3011 소유역에 해당된다. 신도시 건설에 따른 유입인구 발생으로 인하여 생활용수를 포함한 각종 용수수요도 증가하는 것이 필연적이다. 따라서 금강수계의 KModSim 네트워크를 이용하여 인구가 20만명에서 50만명으로 증가하는 시나리오별로 3011 소유역내 행정중심복합도시 건설 전·후에 대한 용수수급의 변화를 비교·분석하였다. KModSim을 사용하여 2006년 기준수요에 대한 물수지 분석을 수행하였다. 물수지 분석 계산시간 간격은 반순단위로 수행하였으며, '66년 10월~'03년 9월까지의 기간에 대해 수행하였다. 생활 및 공업용수의 회귀수량은 수요량의 65%가 하류로 회귀되는 것으로 하였으며, 농업용수는 수요량의 65%(순물소모량)를 사용하고 회귀는 없는 것으로 하였다. 각 수요처로부터 하천으로 회귀되는 양은 직 하류에 위치한 소유역으로 유출된다. 각 소유역에서 용수의 취수가용량은 85%로 하였고 나머지는 하류 지점으로 회귀되는 것으로 하였다. 댐 간 연계운영 방법은 KModSim에서 제공하는 Reservoir Balancing을 통해 댐 간에 동일비율로 수요를 공급하도록 하였다. 수요처의 우선순위는 상류에서 하류로 증가하도록 하고, 하천유지용수, 생활용수, 공업용수, 농업용수 순으로 부여하였다. 소유역구분은 국가 표준지도인 수자원단위지도를 이용하여 금강권역을 21개 중권역으로 구분하여 물 수급 평가 및 전망을 수행하였다.

핵심용어 : KModSim, 수자원평가

1. 서 론

정부에서는 수도권 집중 완화와 지역 균형발전의 일환으로 2005년 5월 24일 충남 연기군 남면, 금남면, 동면 및 공주시 장기면 일대 약 73km²에 행정중심복합도시 건설계획을 확정·발표하였다. 이에 따라 신도시 건설이 완료되면 이 지역에 20~50만명의 인구가 유입될 것으로 전망하고 있다(건설교통부, 2006). 행정중심복합도시는 금강 유역내 14개 소유역 중 연기군, 공주시 및 청원군이 포함되어 있는 3011 소유역에 해당된다. 신도시 건설에 따른 유입인구 발생으로 인하여 생활용수를 포함한 각종 용수수요도 증가하는 것이 필연적이다. 따라서 금강수계의 KModSim 네트워크를 이용하여 인구가 20만명에서 50만명으로 증가하는 시나리오별로 3011 소유역내 행정중심복합도시 건설 전·후에 대한 용수수급의 변화를 비교·분석하였다.

* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·E-mail : sukang@kwater.or.kr
** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 연구위원·E-mail : ihko@kwater.or.kr
*** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원·E-mail : mhhwang@kwater.or.kr
**** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·E-mail : sjlee@kwater.or.kr

2. KModSim 모형

KModSim 모형은 일반화된 하천유역 네트워크 모형으로 네트워크 최적화 기법인 Lagrangian relaxation algorithm을 사용하여 실수계산보다는 효율이 매우 좋은 정수계산 방식을 선형네트워크의 해법으로 적용하였다. 그리고 하천유역 관리에 있어서 물리적, 수문학적, 제도적인 측면에서 물이 배분될 수 있고, 유역 수자원 관리 시설의 전체적인 배치 및 운영조건을 다양하게 반영할 수 있도록 구축되어 있다. KModSim 모형은 MS .Net Framework을 기반으로 개발되었고, 객체지향적 개념으로 설계되었으며, 모형에서 담당하는 기능별로 동적링크 라이브러리(DLL; Dynamic Link Library)로 구성되어 있다. NetworkUtils.dll은 화면상에서의 네트워크 구성에 대한 라이브러리이며, Libsim.dll은 네트워크 선형계획법에 의한 물배분 모의와 최적화 기능, XYFile.dll은 .xy 파일의 구성과 해석 기능, GUI.exe는 모형의 GUI를 표현하는 기능을 가지고 있다. 여기서 ModsimModel.dll은 Custom code를 통해 접근할 수 있도록 개방되어 있다. KModSim의 사용자 편의 시스템(GUI)은 운영에 필요한 데이터베이스 자료와 최적모의 흐름 네트워크와의 동적 연결을 가능하게 한다. 최적모의를 위한 목적함수와 제약조건은 GUI 상에서 자동적으로 생성된다.

3. 모형의 입력자료

3.1 수요량

생활, 공업, 농업용수는 수자원장기종합계획 보완의 2006년도 기준 수요량만을 사용하였다. 생활, 공업, 농업용수는 반순 단위 수요패턴을 적용하여 산정된 값을 사용하였다. 금강권역 총수요량은 66억³m³이며 생활용수는 11억³m³, 공업용수 4억³m³, 농업용수 38억³m³이다. 전체 수요량 중 4월~9월의 농업용수가 대부분을 차지한다. 현 시점에서 3011 소유역에 속한 행정중심복합도시 건설로 인해 증가되는 용수수요를 정확히 파악할 수는 없으나 신도시가 다기능, 복합형 자족도시로 개발을 추진하고 있음을 감안할 때 유입인구의 생활수준이 대도시 수준에 이를 것이라는 가정하에 1인 1인당 물사용량을 400ℓ 정도로 추정하였다. 이에 따른 용수수요는 인구가 20만명, 30만명, 50만명으로 증가할 경우 표 1과 같이 생활용수가 각각 29.2백만³m³/년, 43.8백만³m³/년, 73.0백만³m³/년 정도로 증가하는 것으로 예상된다.

표 1. 행정중심복합도시의 생활용수 수요량

인 구(명)	200,000	300,000	500,000
1인당 물사용량 (ℓpcd)	400	400	400
생활용수 수요량 (10 ⁶ m ³ /년)	29.2	43.8	73.0

3.2 공급량

본 연구에서는 현 상황에서 우리나라의 장기간의 자연 유출량 자료를 실측 수위를 통하여 산정하는 것은 자료의 가용성 부족 및 신뢰성 면에서 적용이 어려우므로 강우-유출모형인 토양수분 저류구조 탱크모형을 이용하여 자연 유출량을 산정하고자 하였다. 자연 유출량 산정기간은 현재 우리나라 전역에서 동시 우량 관측을 수행하여 이용할 수 있는 관측소들을 조사하여 설정하였을 뿐만 아니라, '67~'68년, '94~'95년의 갈수기간을 포함한 1966-2003년(38년)이다(그림 1).

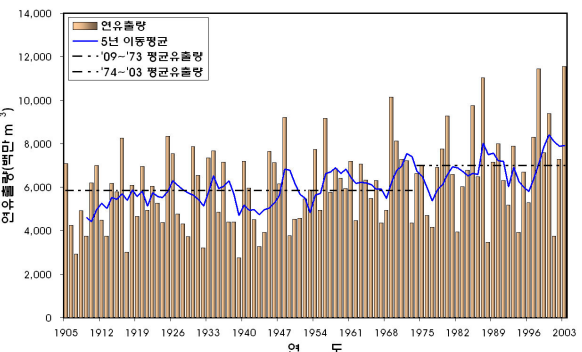


그림 1. 금강권역의 연평균유출량

4. 행정중심복합도시의 건설에 따른 수자원 평가

KModSim을 사용하여 2006년 기준수요에 대한 물수지 분석을 수행하였다. 물수지 분석 계산시간 간격은 반순단위로 수행하였으며, '66년 10월~'03년 9월까지의 기간에 대해 수행하였다. 생활 및 공업용수의 회귀수

량은 수요량의 65%가 하류로 회귀되는 것으로 하였으며, 농업용수는 수요량의 65%(순물소모량)를 사용하고 회귀는 없는 것으로 하였다. 각 수요처로부터 하천으로 회귀되는 양은 직 하류에 위치한 소유역으로 유출된다. 각 소유역에서 용수의 취수가용량은 85%로 하였고 나머지는 하류 지점으로 회귀되는 것으로 하였다. 댐 간 연계운영 방법은 KModSim에서 제공하는 Reservoir Balancing을 통해 댐 간에 동일비율로 수요를 공급하도록 하였다. 수요처의 우선순위는 상류에서 하류로 증가하도록 하고, 하천유지용수, 생활용수, 공업용수, 농업용수 순으로 부여하였다. 소유역구분은 국가 표준지도인 수자원단위지도를 이용하여 금강권역을 21개 중권역으로 구분하여 물 수급 평가 및 전망을 수행하였다.

인구 유입 20만, 30만 50만명이 유입될 경우에 대해 금강권역의 물수지분석을 수행하였다. 금강권역에 대한 물수지 분석 결과, 최대갈수기준년도 1988년에 행정중심복합도시가 속해 있는 3011 소유역에서 물 부족이 발생하였다. 행정중심복합도시를 고려하지 않은 상황에서 3011 소유역은 33백만^m의 부족량이 발생하였다. 행정중심복합도시에 20만명의 인구가 유입될 경우 미호천 유역에 154백만^m의 부족이 발생하며, 자체공급원인 지하수 38백만^m, 농업용저수지로부터 83백만^m을 공급받아 최종적으로 34백만^m의 부족량이 발생하였다(표 2). 이는 행정중심복합도시를 고려하지 않았을 때 보다 1백만^m 부족이 더 발생한 결과이다. 행정중심복합도시에 30만명의 인구가 유입될 경우 미호천 유역에 169백만^m의 부족이 발생하며, 자체공급원인 지하수, 농업용저수지로부터 공급받아 최종적으로 48백만^m의 부족량이 발생하였다(표 3). 50만명의 인구가 유입될 경우 미호천 유역에 198백만^m의 부족이 발생하며, 자체공급원인 지하수, 농업용저수지로부터 공급받아 최종적으로 77백만^m의 부족량이 발생하였다(표 4). 향후 인구 30만과 50만명이 유입된다면 행정중심복합도시를 고려하지 않았을 때 보다 각각 15백만^m, 44백만^m의 생활용수가 부족할 것으로 예상된다.

표 2. 인구 20만명이 유입될 경우 물수지분석 결과

유역	하천명	소유역명	소유역번호	용수수요량(백만 ^m /년)			하천유지용수	부족량(백만 ^m /년)	자체 공급원				소유역별 과부족량(백만 ^m /년)	광역 공급원		소유역별 부족량(백만 ^m /년)	
				합계	생활	공업			농업	지하수	농업용저수지(합계)	소규모 농업용저수지		중대규모 농업용저수지	생공전용량		하구득
금강	금강	용담댐	3001	107.07	14.74	0.24	92.09	-	Δ22	+5	+19	+19	-	+2	-	-	-
	금강	용담댐하류	3002	8.11	0.67	0.01	7.43	-	-	+0	+1	+1	-	+1	-	-	-
	무주남대천	무주남대천	3003	28.42	3.99	0.10	24.33	-	Δ3	+2	+2	+2	-	+2	-	-	-
	영동천	영동천	3004	125.42	21.61	3.61	100.20	-	-	+13	+7	+7	-	+20	-	-	-
	초갈	초갈	3005	87.65	6.37	0.57	80.71	-	Δ20	+4	+13	+13	-	Δ3	-	-	Δ3
	금강	대청댐상류	3006	20.28	4.49	0.51	15.28	-	-	+1	+6	+6	-	+7	-	-	-
	보청천	보청천	3007	110.41	9.20	1.06	100.15	-	Δ34	+2	+21	+21	-	Δ11	-	-	Δ11
	금강	대청댐	3008	102.46	34.27	6.03	62.16	-	-	+8	+7	+7	-	+15	-	-	-
	갑천	갑천	3009	317.65	221.24	41.39	55.02	-	Δ0	+19	+5	+5	-	+25	-	-	-
	금강	대청댐하류	3010	38.78	6.83	4.40	27.55	-	-	+1	+0	+0	-	+2	-	-	-
	미호천	미호천	3011	700.77	191.93	101.35	407.49	-	Δ154	+38	+83	+85	+48	Δ34	-	-	Δ34
	금강	금강공주	3012	1625.37	67.29	12.47	410.61	1135.00	-	+19	+30	+30	-	+49	-	-	-
	논산천	논산천	3013	256.21	33.92	5.20	217.09	-	Δ93	+10	+41	+19	+22	Δ42	-	-	Δ42
금강	금강하구연	3014	254.41	16.84	3.54	234.03	-	-	+3	+28	+28	-	+31	-	+515	-	
삽교천	삽교천	3101	900.75	148.55	97.52	553.68	95.00	Δ238	+55	+93	+47	+46	Δ90	-	+228	-	
금강서해	성연천	대호방조제	3201	247.22	23.68	9.55	213.99	-	Δ65	+14	+59	+13	+46	+9	-	-	-
	용오천	부남방조제	3202	463.92	56.82	20.97	386.13	-	Δ128	+11	+104	+34	+70	Δ13	-	-	Δ13
	광천천	금강서해	3203	335.40	71.30	16.97	247.13	-	Δ87	+7	+50	+17	+33	Δ29	+48	-	-
새만금	만경강	3301	905.50	208.24	77.73	556.53	63.00	Δ234	+34	+164	+49	+115	Δ37	-	+37	-	
합계				6635.80	1141.98	403.22	3797.60	1293.00	Δ1,079	+247	+735	+355	+380	Δ97	+48	+780	Δ109

행정중심복합도시 건설 전·후의 분석결과를 비교해 보면 인구 20만명이 유입될 경우에는 건설 전에 비해 물부족 발생에 있어서 큰 차이가 없었으나, 인구 50만명 유입시에 물부족량은 44백만^m 정도가 발생함으로써 별도의 신규 용수 공급원이 필요한 것으로 분석되었다. 그러나 행정중심복합도시에 인구 50만명이 유입되는 시점을 2030년으로 전망하고 있고, 또한 과거 37년간의 수문상황이 기후변화나 신규 수자원개발 및 용수공급체계 변경 등과 같은 여러 요인으로 변동될 수 있다는 점을 감안하면 이와 같은 분석결과를 토대로 물부족 발생여부를 판단하는 것은 적정하지 않을 수도 있다. 그러나 금번에 개발된 네트워크를 금강유역내에서 이루어지는 각종 개발계획, 용수수급 상황의 변동요인 발생, 인구의 증감 등을 시기적절하게 반영하여 모

의함으로써 신속한 의사결정을 하는데 충분히 활용할 수 있음을 보여 주었다.

표 3. 인구 30만명이 유입될 경우 물수지분석 결과

유역	하천명	소유역 명	소유역 번호	용수수요량(백만m³/년)					하천유지 용수	부족량 (백만m³/년)	자체 공급원				광역 공급원		소유역별 부족량 (백만m³/년)
				합계	생활	공업	농업	하천유지 용수			지하수	농업용 저수지 (합계)	소규모 농업용 저수지	중대규모 농업용 저수지	소유역별 과부족량 (백만m³/년)	생공 전용댐	
금강	금강	용담댐	3001	107.07	14.74	0.24	92.09	-	△22	+5	+19	+19	-	+2	-	-	-
	금강	용담댐하류	3002	8.11	0.67	0.01	7.43	-	-	+0	+1	+1	-	+1	-	-	-
	무주남대천	무주남대천	3003	28.42	3.99	0.10	24.33	-	△3	+2	+2	+2	-	+2	-	-	-
	영동천	영동천	3004	125.42	21.61	3.61	100.20	-	-	+13	+7	+7	-	+20	-	-	-
	초강	초강	3005	87.65	6.37	0.57	80.71	-	△20	+4	+13	+13	-	△3	-	-	△3
	금강	대청댐상류	3006	20.28	4.49	0.51	15.28	-	-	+1	+6	+6	-	+7	-	-	-
	보청천	보청천	3007	110.41	9.20	1.06	100.15	-	△34	+2	+21	+21	-	△11	-	-	△11
	금강	대청댐	3008	102.46	34.27	6.03	62.16	-	-	+8	+7	+7	-	+15	-	-	-
	갑천	갑천	3009	317.65	221.24	41.39	55.02	-	△0	+19	+5	+5	-	+25	-	-	-
	금강	대청댐하류	3010	38.78	6.83	4.40	27.55	-	-	+1	+0	+0	-	+2	-	-	-
	미호천	미호천	3011	700.77	191.93	101.35	407.49	-	△169	+38	+83	+35	+48	△48	-	-	△48
	금강	금강공주	3012	1625.37	67.29	12.47	410.61	1135.00	-	+19	+30	+30	-	+49	-	-	-
	논산천	논산천	3013	256.21	33.92	5.20	217.09	-	△93	+10	+41	+19	+22	△42	-	-	△42
	금강	금강하구연	3014	254.41	16.84	3.54	234.03	-	-	+3	+28	+28	-	+31	-	+515	-
삽교천	삽교천	삽교천	3101	900.75	148.55	97.52	559.68	95.00	△238	+95	+93	+47	+46	△90	-	+228	-
금강 서해	성연천	대호방조제	3201	247.22	23.68	9.55	213.99	-	△65	+14	+59	+13	+46	+9	-	-	-
	홍요천	부남방조제	3202	463.92	56.82	20.97	386.13	-	△128	+11	+104	+34	+70	△13	-	-	△13
	황천천	금강서해	3203	335.40	71.30	16.97	247.13	-	△87	+7	+50	+17	+33	△29	+48	-	-
새만금	만경강	만경강	3301	905.50	208.24	77.73	556.53	63.00	△234	+34	+164	+49	+115	△37	-	+37	-
합 계				6635.80	1141.98	403.22	3797.60	1293.00	△1,093	+247	+735	+355	+380	△112	+48	+780	△118

표 4. 인구 50만명이 유입될 경우 물수지분석 결과

유역	하천명	소유역 명	소유역 번호	용수수요량(백만m³/년)					하천유지 용수	부족량 (백만m³/년)	자체 공급원				광역 공급원		소유역별 부족량 (백만m³/년)
				합계	생활	공업	농업	하천유지 용수			지하수	농업용 저수지 (합계)	소규모 농업용 저수지	중대규모 농업용 저수지	소유역별 과부족량 (백만m³/년)	생공 전용댐	
금강	금강	용담댐	3001	107.07	14.74	0.24	92.09	-	△22	+5	+19	+19	-	+2	-	-	-
	금강	용담댐하류	3002	8.11	0.67	0.01	7.43	-	-	+0	+1	+1	-	+1	-	-	-
	무주남대천	무주남대천	3003	28.42	3.99	0.10	24.33	-	△3	+2	+2	+2	-	+2	-	-	-
	영동천	영동천	3004	125.42	21.61	3.61	100.20	-	-	+13	+7	+7	-	+20	-	-	-
	초강	초강	3005	87.65	6.37	0.57	80.71	-	△20	+4	+13	+13	-	△3	-	-	△3
	금강	대청댐상류	3006	20.28	4.49	0.51	15.28	-	-	+1	+6	+6	-	+7	-	-	-
	보청천	보청천	3007	110.41	9.20	1.06	100.15	-	△34	+2	+21	+21	-	△11	-	-	△11
	금강	대청댐	3008	102.46	34.27	6.03	62.16	-	-	+8	+7	+7	-	+15	-	-	-
	갑천	갑천	3009	317.65	221.24	41.39	55.02	-	△0	+19	+5	+5	-	+25	-	-	-
	금강	대청댐하류	3010	38.78	6.83	4.40	27.55	-	-	+1	+0	+0	-	+2	-	-	-
	미호천	미호천	3011	700.77	191.93	101.35	407.49	-	△198	+38	+83	+35	+48	△77	-	-	△77
	금강	금강공주	3012	1625.37	67.29	12.47	410.61	1135.00	-	+19	+30	+30	-	+49	-	-	-
	논산천	논산천	3013	256.21	33.92	5.20	217.09	-	△93	+10	+41	+19	+22	△42	-	-	△42
	금강	금강하구연	3014	254.41	16.84	3.54	234.03	-	-	+3	+28	+28	-	+31	-	+515	-
삽교천	삽교천	삽교천	3101	900.75	148.55	97.52	559.68	95.00	△238	+95	+93	+47	+46	△90	-	+228	-
금강 서해	성연천	대호방조제	3201	247.22	23.68	9.55	213.99	-	△65	+14	+59	+13	+46	+9	-	-	-
	홍요천	부남방조제	3202	463.92	56.82	20.97	386.13	-	△128	+11	+104	+34	+70	△13	-	-	△13
	황천천	금강서해	3203	335.40	71.30	16.97	247.13	-	△87	+7	+50	+17	+33	△29	+48	-	-
새만금	만경강	만경강	3301	905.50	208.24	77.73	556.53	63.00	△234	+34	+164	+49	+115	△37	-	+37	-
합 계				6635.80	1141.98	403.22	3797.60	1293.00	△1,123	+247	+735	+355	+380	△141	+48	+780	△147

5. 결 론

본 연구에서는 KModSim 모형을 이용하여 행정중심복합도시에 인구가 20만명에서 50만명으로 증가하는 시나리오별로 3011 소유역내 행정중심복합도시 건설 전·후에 대한 용수수급의 변화를 분석하였다. 행정중심

복합도시를 고려하지 않은 상황에서 33백만 m^3 의 부족량이 발생하였다. 20만명의 인구가 유입될 경우 34백만 m^3 의 부족량이 발생하였다. 이는 행정중심복합도시를 고려하지 않았을 때 보다 1백만 m^3 부족이 더 발생한 결과이다. 30만명의 인구가 유입될 경우 48백만 m^3 의 부족량이 발생하였고, 50만명의 인구가 유입될 경우 77백만 m^3 의 부족량이 발생하였다. 향후 인구 30만과 50만명이 유입된다면 행정중심복합도시를 고려하지 않았을 때 보다 각각 15백만 m^3 , 44백만 m^3 의 생활용수가 부족할 것으로 예상된다. 행정중심복합도시 건설 전·후의 분석결과를 비교해 보면 인구 20만명이 유입될 경우에는 건설 전에 비해 물부족 발생에 있어서 큰 차이가 없었으나, 인구 50만명 유입시에 물부족량은 44백만 m^3 정도가 발생함으로써 별도의 신규 용수 공급원이 필요한 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호: 1-6-3)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2006) 수자원장기종합계획보완(안)-Water Vision 2020 Update.
2. 건설교통부(2006). 행정중심복합도시 건설기본계획.
3. Labadie, J. (2005) MODSIM:River basin management decision support system, Chapter 23 in *Watershed Models*, Singh, V. and Frevert, D., CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.